

令和元年6月10日現在

機関番号：32644

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2016～2018

課題番号：16H05570

研究課題名（和文）大規模災害発生時被災孤立地で活動する看護師を情報通信技術でサポートするための研究

研究課題名（英文）Research of nurses working support by information and communication technology in large-scale natural disasters

研究代表者

大山 太（OHYAMA, Futoshi）

東海大学・医学部・准教授

研究者番号：30398531

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 12,700,000円

研究成果の概要（和文）：本研究は、大災害で壊滅的被害を受け通常の社会基盤が破綻し、孤立した環境が生じた状況で、看護師が単独で避難民や患者の健康を維持する任について、その看護師を、ICT（情報通信技術）を駆使してサポートするためのシステム開発の基礎研究を行った。地上系の通信、人工衛星通信、またはこれらを組み合わせて、災害時に必要となる画像、テキストデータ、音声の伝送実験を行い、実用レベルでの実験成果が得られた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究のテーマは「災害により看護師が孤立して、主体的な活動を余儀なくされるような状況」、そしてそれを「ICTでサポートし続ける」ことであった。しかしこれらは災害時だけでなく、これからの看護師は単独で活動したり遠隔医療に関わるシチュエーションも増えることが予測される。このような平時の看護活動の質の保証のためにも、本研究が応用できるであろう。

研究成果の概要（英文）：This study is a basic study of system development to support nurses who work alone in isolated area at the time of major disaster with ICT. We conducted experiments to support nurses using wireless communication and satellite communication, assuming that all infrastructure has been destroyed during a major disaster. As a result, we were able to obtain results that reached the practical level.

研究分野：災害医療

キーワード：災害看護 災害情報 災害医療 ICT

## 1. 研究開始当初の背景

近年、我が国は近世では経験したことのないような災害が多数発生し、甚大な被害が生じている。自然災害に止まらず、放射線災害や大規模なテロ等の人為災害も無視できない複雑な時代となった。また、国民生活に目を向けても、核家族化・高齢社会の進行に伴い、高齢の独居生活者も増え、常時看護や介護を必要とする率も高くなっている。地方過疎も大きな問題で、さらに人々の生活パターンやニーズも多様化し、これらの事は大災害発生時の避難行動や避難生活、その支援をも非常に困難なものとしている。一方では、最近の災害時被災者救援活動はその「質」や「アカウントビリティ(説明責任)」も問われる時代となっている。国内災害救援活動ではその認識はまだ低いが、国際的な災害救援活動では「The Sphere Project」(The Sphere Project: Humanitarian Charter and Minimum Standards in Humanitarian Response; Sphere Project, 2011) や、「HAP 基準」(The Guide to the HAP Standard: Humanitarian Accountability and Quality Management; Humanitarian Accountability Partnership, 2008) 等の、質とアカウントビリティの国際的補償基準等が定められ、これが世界の常識となりつつある。想定外だろうが未曾の大災害だろうが、もはやいい加減な災害支援は許されない時代になった。特に災害時の医療においては、患者や避難者の生命に直結するものであり、他の何よりも質の維持は重要な課題である。このように、災害の種類も規模も大きく複雑で、人々のニーズが多様化する中、説明責任を求められる質の高い災害支援を行わなくてはならない。当然、災害時の人々の生活と健康を守る災害時の看護も高品質を求められる時代となっている。

## 2. 研究の目的

本研究は、大災害で壊滅的被害を受け通常の社会基盤が破綻し、孤立した環境が生じた状況で、看護師が単独で避難民や患者の健康を維持する任についた際、その看護師を、ICT(情報通信技術)を駆使してサポートするためのシステム開発研究である。研究者らが過去に経験してきた、多くの災害現場での支援活動の現実を踏まえて、実務に耐えうる答えを出す事をこの研究の根本とした。そのため、この研究では看護(医療)の視点のみならず、工学的視点も取り入れて行ったが、どちらに偏りすぎることなく、災害時に支援活動を行う看護師を本当に支援できるように考慮しながら、看護とICTの調和を目指す研究である。

## 3. 研究の方法

大きく以下の三点について、関連する実験や情報収集を行った。

- (1) Web base で扱える災害看護情報の検討と Web プラットフォーム作成
- (2) 通信インフラが破壊された状況での通信方法(衛星通信、地上系無線通信)の検討と通信実験
- (3) 災害看護で必要となるデジタルコンテンツ(A. 画像データ、B. テキストデータ、C. 音声データ)の検討と通信実験

## 4. 研究成果

### (1) 研究期間の総括

本研究は、災害というシチュエーションであっても、看護師が安全で看護師らしい活動を行えるように、ICTで総合的に支援するための方法を検討した。そのため、この研究期間中に生じた様々な自然・社会現象をも柔軟に取り入れて、常に「現場で使える」研究に仕上げるように努めて行った。そこで、本研究は実験による検証を行うと同時に、様々な機会を捉えて、有識者や関連する会議で情報収集を行いながら、今後の動向を確認しながら研究を進めた。その結果、研究の成果は時代の流れに即し、これからの看護・医療活動に応用できるようなものを出すことができた。

この研究期間にも、日本内外で様々な災害が発生した。特に近年の日本では、風水害の発生件数が非常に多くなっており、2018年の西日本豪雨災害は平成最悪の水害となった。統計資料などを見ても、2000年代に入ってから災害を引き起こす原因となるような気象状況の発生頻度が高まっており、これからの災害対応は震災対応だけではなく、このような自然災害にも十分対応できる必要がある事を示していた。さらに、これらの災害事例では、偶発的に孤立する場所が多く発生しており、まさしく本研究で想定している状況が現実起こってきており、本研究を行う意義があった。また、日本の社会情勢の変化を見ても、高齢社会進行し、生産年齢人口が減少する中、絶対的な医師数の不足だけではなく、医師の勤務場所偏在や働き方改革に伴う相対的な医師不足が問題にもなってきた。そのような状況に対応する一つの手段として、看護師の特定行為に係る研修制度が益々促進されてきた。今後、在宅医療などで特定看護師が個別に活動する状況は確実に増えるが、その質保証やサポートをする手段も重要となってくるだろう。また、2018年厚生労働省は、オンライン診療に関する指針を示し、今までグレーゾーンであった遠隔医療の一部分が明確になったことで、にわかにかこの分野も活気付き出した。これらの社会的動きに対しても、本研究で得られた成果が十分応用できると考えられる。

### (2) Web base で扱える災害看護情報の検討と Web プラットフォーム作成

災害時の孤立した状況での看護活動に必要な情報とは、大きくは3系統あると考えた。

災害時に、看護師が管理する場所の避難者や地域の健康・生活に係る情報、対応する

患者個々の情報、支援を行う看護師個々の情報、である。と、には大きな違いがある。前者は J-SPEED に代表されるような、統計データとして処理されるものであるが、後者については個人のデータになる。そのため、個人情報の保護をどのように考えるかが重要な要素の一つとなった。今回の研究は災害時に限定しているが、それでも個人情報の保護は十分考慮されるべきである。本研究では公衆通信回線が破綻した際に、その代替の通信手段を検討したが、いずれもオープンな通信方式のため、個人情報の保護については課題が残った。実際に秘匿性の高い情報共有を行うためにはさらなる検討が必要である。そのような視点で考えた場合、個人情報を集約する Web プラットフォームは現実的に運用は難しく、安易に行わない方が良いと結論した。また、統計的に処理するデータについては、独自の Web プラットフォームで共有するより、既存のシステム（例えば EMIS 等）に載せる事を考慮したほうが効率的である。Web ベースのプラットフォームの作成自体は技術的に大した問題ではないため、必要になった際にその都合に合わせて作成することができる。それよりも、現場からバックヤード（最前線で活動をする看護師をサポートする場所）までいかに早く、正確に、そして容易に情報を伝送するかの研究に集中した方が良く考え、本研究では Web プラットフォーム作成は行わなかった。

### (3)通信インフラが破壊された状況での通信方法（衛星通信、地上無線通信）の検討と通信実験

2018 年、中部地方豪雨災害では通信面にも大きな被害をもたらした。特に、携帯電話回線網も、基地局をつなぐ伝送路の故障などが原因で不通となり、その復旧作業も現場にたどり着けないなどの理由により、復旧が大きく遅れるという事態が発生した。そのような事も考慮し、大災害時に公衆通信回線が破壊された状態で、隔離された場所とそのサポートを行うバックヤードの間をどのように繋ぐかを 衛星通信、地上無線通信の 2 系統及びこれらを連結させた方法での実験を行った。

#### 衛星通信を利用した実験

衛星通信を利用した実験では、IPSTAR によるブロードバンド衛星通信サービスを利用した。本サービスは本来、数 Mbps の回線速度で提供されているが、この実験ではあえて低速な回線速度（Download 513 Kbps, Up Load 249Kbps）で契約をして実験を行った。結果的に、同通信衛星を用いた実験では、低速回線であっても非常に安定して利用でき、後述する VoIP や無線通信中継等にも有効に利用できることが解った。特にシンプレックス通信の場合は、衛星通信特有の遅延問題もあまり気にならず、ファイルデータ伝送のための通信であれば更に問題は感じなかった。費用の面も、今回の契約プランでは通常の携帯電話回線契約費用程度であり、災害対策用として普段から準備することも現実的に可能と考えられた。維持費や通信費が安価であることは、災害時の通信手段としては大変重要なポイントである。一方、不利な点として、通信に必要な機材設置費が高額（100 万円程度）であることと、可搬できない事であった。

#### 地上無線通信を利用した実験

地上無線通信は、今回は公衆回線に頼らない方法としてアマチュア無線（本研究では 430MHz 帯を使用）とデジタル簡易無線（400MHz 帯の免許局を使用）の 2 つの方法で実験を行った。災害医療の中で、看護師をサポートするための通信を考えた場合、高解像度の画像や高音質の音声などの巨大なデータを高速で伝送するような事はあまり想定できない。むしろ、音声、テキストデータ、最低限の解像度画像伝送が確実にできる程度のものがあれば良いと考え、実験を行った。また通信距離は、災害現場からバックヤード、もしくはバックヤードにインターネット中継できるような場所まで通信できれば良いので、おおよそ 20~30Km 程度確保できれば良いと想定した。このような条件を満たし、且つ民間人が比較的自由に利用できる手段としてこの 2 つの通信手段を選んだ。この 2 つの通信手段の大きな違いは、アマチュア無線は従事者免許を必要とするが、その分応用や利用範囲が広い、デジタル簡易無線は従事者免許を必要としないため、利用者個々の負担や制約は無く容易に利用できるが応用範囲は限局的となることである。どちらも一長一短があるが、それぞれの特徴に合わせて、医療情報の伝送が可能となるようなソフトウェアや周辺機器の開発、製作などを含めながら実験を行った。その結果、この 2 つの通信手段を利用して、最低限のテキストデータと音声通信が可能となった。アマチュア無線の利用では、画像データも現実的に利用できるレベルで送受信する事ができた。ただし、これら無線通信の利用は、携帯電話のように通信会社が回線の品質を保証してくれるものではないことが一番の問題であった。通信経路の選択や通信可能エリアがどの程度なのかを知るとも、全て自分で行う必要がある。研究では、電波伝搬シミュレーションソフトを併用するなどして、良好な通信環境を獲得しながら実験を行った。しかし、実際の災害の状況で看護師や医療従事者自身がこれらを行うことは現状困難と考えられた。この問題を解決するためには、専門的知識を持たずとも対応が可能となるような教育やマニュアルの検討の必要がある。もしくは、このような知識や技術がある人やチームの協力を得ることを考えたほうが現実的かもしれない。特にアマチュア無線の使用には従事者免許も必要となるため、愛好家団体等と予め協定を結ぶなど、これらの問題については今後さらに検討が必要である。

#### 衛星通信と地上通信を組み合わせて利用した実験

衛星通信と地上通信を組み合わせた実験も行った。災害時に、拠点となる避難所等に IPSTAR を用いた無線 LAN サービスが展開される実例があるためだ。今回の実験の概要は、430MHz 帯のアマチュア無線で D-STAR（アマチュア無線のデジタル通信の方式の一つ）の交信をリフレクタ

ーと呼ばれる中継装置を使い、低速回線の IPSTAR 経由でインターネットに接続して遠隔地との交信を試みた。結果的に非常に良好な結果を得ることができた。今後、利用方法をいろいろ工夫することで、災害時にも大変有効な通信手段となる可能性がある。しかし、現状フレクターは半径数 100m 程度の通信エリアしか確保できないが、別途実験を行った公開ノードと呼ばれる装置を用いると数 Km～数 10Km の通信エリアを確保できることも解った。ただし、このリフレクターや公開ノードはまだ市販されている機器はほとんど無いため、自作をしなくてはならないという難点がある。しかし、多くの熱心な無線愛好家の尽力により日々進化しており、今後さらに災害医療への応用も検討するに値する通信手段として注目できる。

#### (4)災害看護で必要となるデジタルコンテンツ (A.画像データ、B.テキストデータ、C.音声データ)の検討と通信実験

##### 災害医療訓練での医療情報通信実験

高知県で行われた災害医療訓練で、実際に避難所から本部への情報伝送(疑似情報)を、430MHz 帯、送信出力 5W のアマチュア無線で、D-STAR モードを利用(写真 1,2)して伝送する実験を行った。音声通信は基本的な通信方法であり、最も簡便な方法である。音声の通信は特に新規的な発見があったわけではないが、スピーディーな対応を必要とするような情報交換の場面ではやはり有効である。しかし、より詳細な情報やまとまった情報(例えば何らかのリスト等)を伝送するには、音声通信では非効率で且つ不確実である。特に災害時に必要となる看護情報は特にこのようなまとまった情報の伝送の必要性が多くなると考えられる。そのような状況を想定して音声以外に画像、テキストデータの伝送実験を行った。実験に使用した画像データは、FAST 超音波画像写真(写真 3)、心電図写真(写真 4)、避難所風景(写真 5)を撮影した写真、患者情報が書かれた掲示板の写真、であった。これらを避難所から本部までの間(約 2.2Km)の伝送を行った。また、テキストデータについては、今後の災害医療で重要となるであろう J-SPEED のデータ伝送を行った。この伝送には ICOM 社が提供する、テキストと画像を伝送するためのソフトウェア RS-MS1A を使用した。その結果、D-STAR は非常に低速(3.48Kbps)な通信であるが、災害時の画像やテキストデータ伝送と考えた場合、実務的に有効と思われる程度でデータ伝送を行うことができた。もし、本当の災害時に、隔離された場所で看護師が主体的に検査などを行う必要が生じた場合、その安全性の担保のみならず看護師自身の心労の軽減のために、心電図や超音波画像データをバックヤードに送信し、医師等に確認してもらえる環境を整備することは意義があり、このような方法を用い入れれば実現も不可能ではない。

しかし一方で、D-STAR による通信方式には通信されるデータの誤り訂正の仕組みが無いことや秘匿性をもたせた通信ができないことが問題である。前者は仕様の限界であり、後者は法的な限界である。これらの問題をどのように考え、対応するかは今後の検討材料である。



写真 1,  
D-STAR の実験に用いた機材



写真 2



写真 3

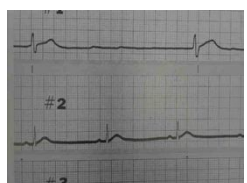


写真 4



写真 5

伝送された超音波画像、心電図、避難所風景の写真

##### ドローンによる空撮写真の医療・看護への応用

近年のホビー用のドローンは安価となり、操作性も非常に容易で、多少練習さえすれば誰でも空撮ぐらいすぐにできるほどの性能を有している。このような民生品のドローンにより空撮した画像を、災害看護への応用について多角的に実験を行いながら検討した。本研究では、民生品ドローン Parrot 社 Bebop Drone 2 を利用した。産業用の高性能のドローンと違い、小型で荷物などの搬送はできないが、カメラが内蔵されており、単体で動画・静止画を撮影し、その情報をリアルタイムにタブレット端末に転送する機能を有していた。これらの特徴や機能を利用し、災害時の医療・看護の応用を検討した。まずはじめに、“活動拠点地の見取り図作成”の検証を行なった。災害現場での支援を行う際、活動拠点の地図を準備することは重要である。しかし、それが入手できなかった場合や、災害により地形や施設形状に変化があった場合、また避難場所に多くの支援テントや仮設プレハブ等ができた場合、位置関係が不明瞭になる事がしばしば生じる。そのような事を想定して、ドローンを高度 150m まで垂直上昇させながら動画を撮影し、後に任意の部分で動画を JPEG 静止画として切り出す二値画像に変換して地図を作成する方法を実験した。二値画像にするのは、写真に情報を書き込んだり、地図として利用する場合余計な色が無く、道路や建物の輪郭が強調された方が見やすかったからである。また、これらの地図を前記した無線でバックヤードに伝送する際、できるだけデータサイズを小さくしたほうが有利であるため、画像サイズを縮小 GIF image に変換の作業を付け加えたが、その際も二値画像であれば、縮小による画質の劣化の影響もあまりない(図 1)。



また、災害時の健康問題として深部静脈血栓症があるが、その原因の一つに自家用車での避難生活がある。広範囲に駐車された車両に避難する人々の健康を確認する際、平面から徒歩で一台一台確認するのは非常に効率が悪い。今回の実験では、ドローンを150mまで上昇させ写真を撮影すると約36400㎡が撮影できるが、この条件で乗用車をしっかり確認できるほどの解像度がある。避難所を定時で写真撮影を行ない、長時間同一場所に駐車している車両などを見つけ、選択的にアプローチできることは、災害時の避難者の保健管理に有効かもしれないという結果を得た。

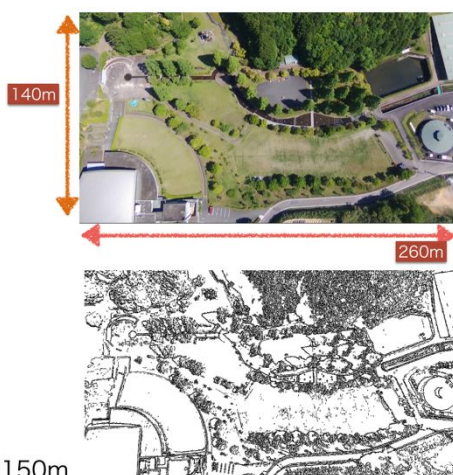


図1 地上高150mで撮影した画像を二値画像に変換をした図

#### 本当の“色”を伝送するための実験

通常の臨床現場でも、患者の患部を写真撮影して画像データとして記録することはしばしば行われている。本研究では、災害時にこのような情報をバックヤードに伝送し、適切なアドバイスを行うためにはどうしたらよいかを多角的に検討した。一つは、できるだけ正確な色を撮影し、それを伝送することが大事であると考えていたが、実際それは非常に難しいことが解った。今回の研究では、スマートフォンを利用し皮膚の写真を撮影し簡易二次元色度測色システムを使って測定、元の皮膚の写真と比較した。その結果、周囲の照明の影響でも撮影される皮膚の色は変化するが、もう一つ、スマートフォン自体に組み込まれているプログラムで、写真の見栄えが良くなるように自動的に色の調整を行っていることが解った。このようなことより、本当の色を災害現場からバックヤードに伝送することは非常に困難であると結論した。また、看護師や医師が患部の状態を正しく理解するために、どの程度“色”に依存しているか等も今後の課題として残った。もし、本当に正確な色を伝送しようとするならば、分光測色計で測定し、 $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ,  $c^*$ ,  $h$ 等の数値化されたデータを伝送することが正確で早いかもしれない。しかし、これらのデータが人々の健康状態を把握する上でどの程度有効かについても実験を行った。本研究では、透析治療を受ける患者の皮膚の色を、透析前後で比較する調査をした。その結果、肉眼で判別できる程の変化ではなかったが、皮膚色のパラメーター $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ,  $c^*$ ,  $h$ は、透析前後で有意に変化していた。また、皮膚色 $L^*$ と血液検査によるヘマトクリット値、ヘモグロビン値間に相関を認めたり、皮膚色 $C^*$ と血液検査によるクレアチニン値、及び尿素窒素値、除水量と皮膚色の $L^*$ ,  $E^*ab$ との間での相関を認めなど興味深い結果を得た。これらの結果を元に、今後さらなる研究が必要ではあるが、災害時の避難者の健康状態のサーベイランス等にも利用できる可能性がある。

#### 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 1件)

(1) Yuki Akizuki, Tomomi Iizuka, Tomoko Kutsuzawa, Futosi Ooyama, Satoshi Iwamoto, Comparison of skin color between healthy subjects and patients with end-stage kidney disease, Proceedings of the International Color Association (AIC) Conference 2018 627-632, 2019 査読あり

〔学会発表〕(計 6件)

(1) 秋月有紀, 大山太, 岩本敏志, スマートフォンを用いた患部の色情報把握に関する基礎的研究, 日本遠隔医療学会 Spring Conference, 2019

(2) 飯塚友美, 大山太, 岩本敏志, 高橋浩雄, 沓澤智子, 秋月有紀, 血液透析患者において, 除水による体液量の変化は皮膚色の変化をもたらすか?, 日本集中治療医学会学術集会, 2019

(3) 大山太, 岩本敏志, 井原則之, 谷暢子, 杉田学, デジタルアマチュア無線(D-STAR®)通信

を用いた災害緊急医療情報伝送実験, 日本集団災害医学会, 2019

(4) 大山太, 岩本敏志, 井原則之, 谷暢子, 杉田学, 先遣隊活動を支援するドローンの活用方法の検討, 日本集団災害医学会, 2018

(5) 大山太, 岩本敏志, 杉田学, 井原則之, 谷暢子, 小型無人航空機(ドローン)を災害医療支援に利用するための検討 -活動地の見取り図作成の試み-, 日本臨床救急医学会, 2017

(6) Futoshi Ohyama, Satoshi Iwamoto, Agus Subekity, Haruka Okabe, Manabu Sugita, Study of Wireless communication system to support the isolated shelter in disaster situation medical serves, THE 13th Asia Pacific Conference on Disaster Medicine, 2016

〔図書〕(計 0件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 0件)

取得状況(計 0件)

〔その他〕

ホームページ等

無し

## 6. 研究組織

### (1)研究分担者

研究分担者氏名: 秋月 有紀

ローマ字氏名: AKITUKI, Yuki

所属研究機関名: 富山大学

部局名: 人間発達科学部

職名: 教授

研究者番号(8桁): 00378928

### (2)研究協力者

研究協力者氏名: 岩本 敏志

ローマ字氏名: IWAMOTO, Satoshi

研究協力者氏名: 杉田 学

ローマ字氏名: SUGITA, Manabu

研究協力者氏名: 井原 則之

ローマ字氏名: IHARA, Noriyuki

研究協力者氏名: 谷 暢子

ローマ字氏名: TANI, Masako

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。